

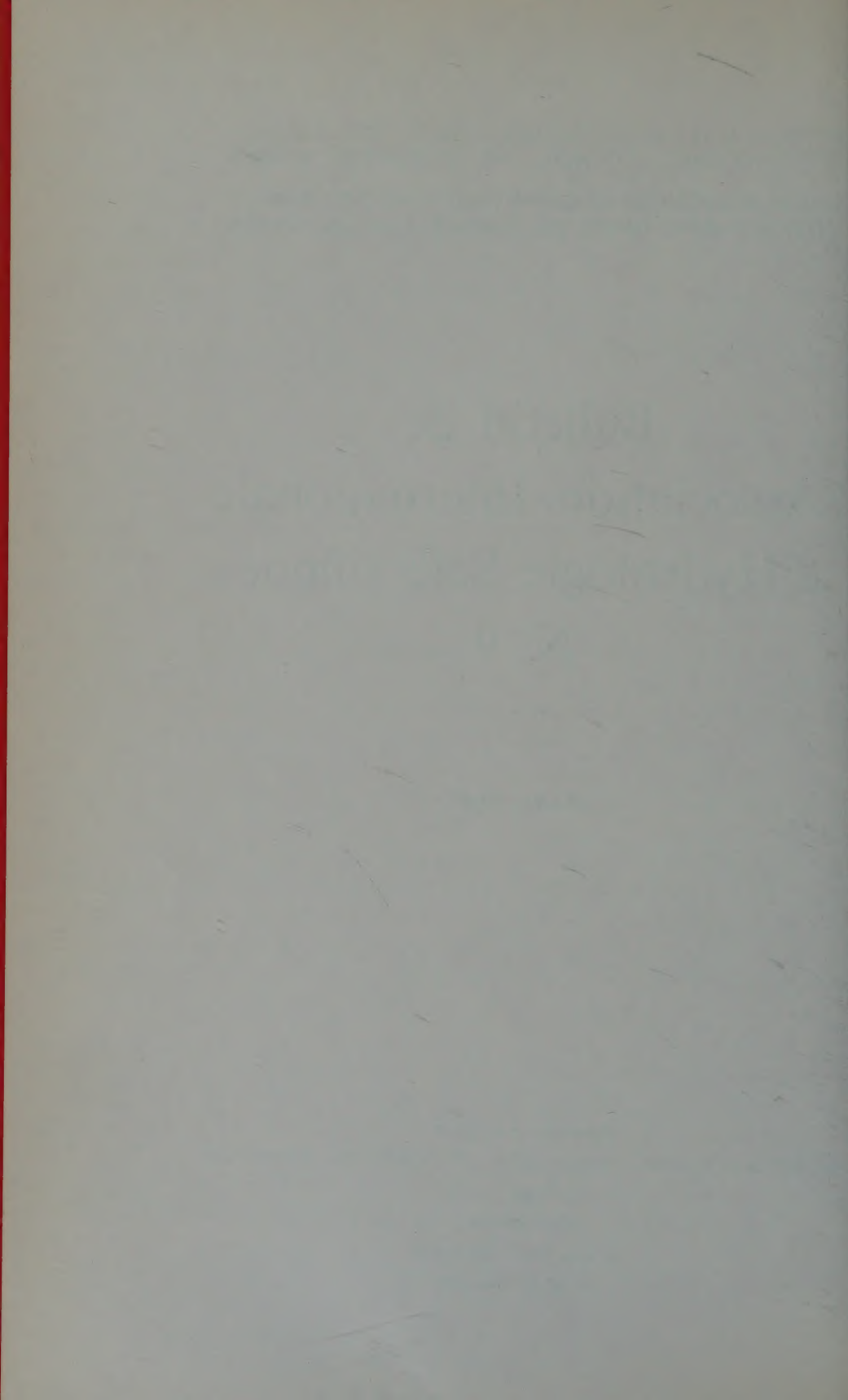
CONSEIL INTERNATIONAL DES UNIONS SCIENTIFIQUES
INTERNATIONAL COUNCIL OF SCIENTIFIC UNIONS

UNION GÉODÉSIQUE ET GÉOPHYSIQUE INTERNATIONALE
INTERNATIONAL UNION OF GEODESY AND GEOPHYSICS

Bulletin de
l'Association Internationale
d'Hydrologie Scientifique
N° 9

MARS 1958

Published on behalf of
THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF SCIENTIFIC HYDROLOGY
by
CEUTERICK
66, RUE VITAL DECOSTER
LOUVAIN (Belgium)



REMARKS AND NOTES BY THE SECRETARY

1. This issue reaches you with some delay, for which the Secretary apologises. He has had to give much of his time to editing the Proceedings and Papers of the Toronto Assembly, which are now available.

2. The present bulletin contains in particular a report of the last meeting of the Arid Zone Consultative Committee of Unesco. The attention of hydrologists is invited to the importance attached by Unesco to this matter.

3. The scientific section of the bulletin contains two articles. The Secretary intends to expand this section, provided that he can obtain the necessary financial means.

One of the articles, by Mr. Botany, professor of the Odessa Institute of Hydrometeorology, was handed to the Secretary after the Symposia Darcy had taken place at Dijon. Although dealing with a subject included amongst those discussed at the Symposia, the late arrival of the text did not allow of its being published in the Proceedings of this meeting. It is thought that ground-water specialists will be interested in its publication here.

4. The United Nations Organization and the Specialised Agencies connected with it are giving more and more attention to the question of water resources and their utilization.

The Secretary hopes to be able to keep you in touch with what these Agencies are doing in these respects. Our next issue will contain reports of several meetings devoted to the matter.

5. The Secretary begs to insist once again that national hydrological bibliographies shall be published more regularly and that certain national committees shall kindly make an effort to this end.

6. Attention is invited once again to the investigation of the quantities of dissolved substances discharged by rivers (see Bulletin no. 7, page 7).

7. As already said above, the Proceedings and Papers of the Toronto Assembly left the printer recently. A distribution of free copies will be made on the much more stringent scale mentioned in Bulletin no. 8. Volume II, devoted to ground water, to the influence of vegetation on the hydrological balance-sheet and to dew, is rendered of particular interest by the inclusion as appendices of three German hydrogeological maps. This subject of maps being included in the agenda for the next Assembly, we venture to hope that the German example will be followed by other adherent countries.

8. Group VI of the World Meteorological Organization is arranging a meeting in September at Warsaw, at which certain hydrological subjects will be discussed. Our Association hopes to be able to be represented there.

9. The Commission for Technical Co-operation in Africa south of the Sahara is arranging a meeting of specialists in physical hydrology at Bukavu (Belgian Congo) from the 7th to the 12th of July next. It has kindly invited

our Association to be represented there. The Secretariat will give more information on this subject in the next issue.

10. The German hydrologists also have kindly invited us to the international gathering which they are to hold at the beginning of June. The Secretary had at first expected to be able to accept this kind invitation, but... he has too many things to do, so will ask Mr. Friedrich to be good enough to convey the thanks of the Association and to express the interest which it takes in the work done by Germany in this domain.

11. You probably say and certainly think that the Secretary returns often to money matters. This is unfortunately true. His latest effort consists of a new list of all the publications of the Association and their prices. This appears at the end of this issue and the Secretary begs you kindly to communicate it to the bodies and individuals who might be interested in these publications. Attention is particularly drawn to the fact that the collection of available bibliographies is only partly complete.

12. The Secretary would like to keep the Association informed of various changes and missions affecting those who have actively participated in the life of the Association. He can only do this if he too is kept informed. He therefore asks you kindly to let him have those pieces of news which you think worthy of being reported to the Association. The Secretary opens this heading by announcing that:

Mr. Goldschmidt will shortly leave the direction of the Hydrological Service of Israel and, it is said, join the Technical Assistance staff in Turkey.

L. J. TISON

PROPOS DU SECRETAIRE

1. Ce numéro vous parvient avec un retard dont s'excuse le secrétaire, qui a dû consacrer une bonne partie de son temps à l'édition des Comptes-Rendus et Rapports de l'Assemblée de Toronto. Ceux-ci sont actuellement disponibles.

2. Le présent bulletin contient notamment un compte-rendu de la dernière réunion du Comité Consultatif de la Zone Aride de l'Unesco. L'attention des hydrologues est attirée par l'importance donnée par l'Unesco à ce programme.

3. La partie scientifique de ce bulletin comprend deux études. Le secrétaire se propose en effet d'édifier cette partie scientifique, à condition cependant qu'il trouve les moyens financiers nécessaires.

L'une de ces études, celle de M. Belany professeur à l'Institut d'Hydro-météorologie d'Odessa avait été remise au secrétaire après les symposia Darcy à Dijon. Bien que traitant un sujet rentrant dans ceux traités à ces symposia, la remise tardive du texte n'avait pas permis d'en assurer la publication dans les Comptes-Rendus de cette réunion. Nous croyons intéresser les spécialistes des Eaux Souterraines en la publiant actuellement.

4. Les Nations Unies et les Organisations Gouvernementales qui y sont groupées s'occupent de plus en plus de la question des Ressources en Eau et de leur Utilisation.

Le Secrétaire espère pouvoir vous tenir au courant de ce qui est fait par ces Organisations dans ces domaines. Notre prochain numéro contiendra les comptes-rendus de plusieurs réunions consacrées à ce sujet.

5. Le secrétaire se permet encore d'insister pour que les bibliographies hydrologiques nationales soient publiées plus régulièrement et pour que certains comités nationaux veuillent bien faire un effort dans ce sens.

6. L'attention est aussi rappelée sur le problème des débits de matières dissoutes (Voir le Bulletin N° 7, page 7).

7. Comme il l'a été dit ci-dessus, les Comptes-Rendus et Rapports de l'Assemblée de Toronto sont sortis de presse tout récemment. Ils seront distribués à l'échelle beaucoup plus restreinte qui a été indiquée dans le Bulletin N° 8. Le tome II consacré aux Eaux Souterraines, à l'Influence de la Végétation sur le Bilan Hydrologique et à la Rosée est rendu particulièrement intéressant du fait de la présentation en annexes de trois cartes hydrogéologiques allemandes. Cette question restant à l'ordre du jour de la prochaine Assemblée, nous nous permettons d'espérer que l'exemple allemand sera suivi par d'autres pays adhérents.

8. Le Groupe VI de l'Organisation Météorologique Mondiale organise en septembre à Varsovie, une réunion où certains sujets hydrologiques seront traités. Notre Association espère pouvoir s'y faire représenter.

9. La Commission de Coopération Technique en Afrique au Sud du

Sahara organise une réunion de spécialistes de l'Hydrologie physique à Bukavu (Congo Belge) du 7 au 12 juillet prochain. Elle a bien voulu inviter notre Association à s'y faire représenter. Le Secrétariat donnera de plus amples informations à ce sujet dans son prochain bulletin.

10. Les hydrologues Allemands ont aussi bien voulu nous inviter à la réunion internationale qu'ils vont tenir au début du mois prochain. Le secrétaire avait tout d'abord cru pouvoir accepter cette aimable invitation, mais... il a beaucoup de choses à faire et il demandera à M. Friedrich de bien vouloir exprimer les remerciements de l'Association et de dire tout l'intérêt que celle-ci porte au travail effectué par l'Allemagne dans ce domaine.

11. Vous direz peut-être, et vous penserez certainement que le secrétaire revient fréquemment avec les questions d'argent. C'est malheureusement vrai. Sa nouvelle trouvaille consiste dans une nouvelle liste mise à jour de la liste des publications de l'Association et de leur prix. Elle figure à la fin de ce numéro et le secrétaire vous demande de bien vouloir la communiquer aux organismes et aux personnes qui pourraient s'intéresser à ces publications. L'attention est notamment attirée sur le fait que la collection des bibliographies disponibles a pu être quelque peu complétée.

12. Le Secrétaire voudrait tenir l'Association au courant de certains changements ou de certaines missions intéressant la situation de personnes ayant activement participé à la vie de la Société. Il ne peut le faire que s'il en est tenu au courant. Il vous demande donc de bien vouloir lui faire connaître les faits que vous estimez devoir être portés à la connaissance de notre Association.

Le secrétaire ouvre cette rubrique en signalant que :

M. Goldschmidt quittera prochainement la direction du Service Hydrologique d'Israël et participera, nous dit-on à l'Assistance Technique en Turquie.

L. J. TISON

U. N. E. S. C. O.

CONSULTATIVE COMMITTEE FOR THE HUMID TROPICAL ZONE

A meeting of this committee took place last year in Brazil. We have extracted from the Proceedings which Unesco has kindly sent us whatever might interest the I. U. G. G. and particularly our own I. A. S. H., and have asked Mr. Laclavère to be good enough to publish this summary in one of the next numbers of the Union's Chronicle.

COMITÉ CONSULTATIF DE LA ZONE TROPICALE HUMIDE

Une réunion de ce Comité a eu lieu l'an dernier au Brésil. Nous avons extrait du Compte-Rendu que l'Unesco a bien voulu nous envoyer ce qui pouvait intéresser l'I. U. G. G. I. et particulièrement l'A. I. H. S., et nous avons demandé à M. Laclavère de bien vouloir publier ce résumé dans un des prochains numéros de la Chronique de l'Union.

U. N. E. S. C. O.

13^e SESSION DU COMITÉ CONSULTATIF KARACHI 4-15 NOVEMBRE 1957

1. Membres du Comité.

MM. G. Aubert (Paris) — A. Behnia (Téhéran) — G. Bogomolov (Moscou) — H. Greene (Rothamsted) — E. S. Hills (Melbourne) — Naqvi (Karachi) — Ramadan (Alexandrie) — Thornwaite (Elmer).

Les organisations suivantes étaient représentées :

F. A. O. — W. H. O. — W. M. O.

I. C. S. U. — Union Géographique Intern. — U. G. G. I. — Union intern. Sciences Biologiques — Conférence Mondiale de l'Energie — Commission Internationale d'Irrigation et Drainage.

Secrétariat de l'Unesco : MM. Batisse, Ellis et Moller.

2. Un colloque sur l'érosion et la protection des sols des zones aride et semi-aride eut lieu au cours de la Session.

Des quelques 39 recommandations prises, nous détachons les suivantes :

3. Par sa *Recommandation* 1, le Comité préconise la création de comités nationaux et locaux de la zone aride, afin d'éveiller l'intérêt du public et de lui faire saisir la portée des problèmes de zone aride dans le pays. Le Comité envisage diverses formes d'assistance à ces comités : participation aux frais de traduction, diffusion de documentation, organisations de réunions et de voyages d'études.

La préparation d'un historique du mode d'utilisation du terrain de la Zone Aride est préconisé par la recommandation 2.

La recommandation 3 se rapporte à un inventaire de recherches sur les besoins, en eau des végétaux.

4. Le Comité insiste sur la nécessité de dictionnaires multilingues et de glossaires techniques par sa recommandation 4.

5. La recommandation 5 intéresse spécialement l'AIHS car elle se rapporte au programme d'un symposium de 5 jours à organiser à Téhéran en octobre 1958. Au programme figureront les points suivants :

- 1) Hydrologie, notamment hydrologie des eaux saumâtres;
- 2) Physiologie de la consommation de l'eau saline par les végétaux et par les animaux;
- 3) Utilisation des eaux saumâtres pour l'irrigation;
- 4) Déminéralisation de l'eau saline.

6. La recommandation 6 invite le Directeur Général à étudier la possibilité de faire l'acquisition d'un certain nombre de tirés à part.

7. Par ses recommandations 7 et 8, le Comité propose que l'Unesco accorde une subvention de 20.000 dollars à l'Institut du Désert au Caire et une autre du même import au Service Météorologique du Pakistan.

Les recommandations 9 à 16 incluses se rapportant à des subventions de moindre import.

8. Le Comité recommande (n° 17) que le Secrétariat dresse une liste d'instituts occupés à l'étude du traitement des eaux salines et pouvant donner des renseignements sur les principaux chercheurs (avec leur adresse) et sur l'orientation générale de la recherche.

9. Une série de recommandations sont relatives aux attributions et aux méthodes de travail du Comité Consultatif (18 à 23).

10. Le Comité (recommandation 24) a ensuite étudié le rôle des collègues de consultants bénévoles nommés par le Directeur Général sur la proposition des Commissions Nationales pour l'Unesco des Etats membres et d'y adjoindre des chercheurs appartenant à des institutions diverses, gouvernementales ou non (notamment des Universités et des organismes autonomes de recherches).

11. Au sujet des projets de programme et de budget pour 1959-1960, le Comité a émis une série de recommandations relatives :

a) à l'aide aux comités nationaux et notamment à l'assistance destinée à la traduction et à l'impression des publications qui traitent de la Zone Aride.

b) au rassemblement et à la diffusion d'informations, par la création de sous-comités (comme celui des eaux salines) et par la publication d'un Bulletin d'information de la Zone Aride.

12. Pour ce qui se rapporte aux *colloques et aux cours de formation*, le Comité recommande que le colloque de 1959 soit consacré au problème des « Besoins en eau des végétaux ». Il ajoute qu'il conviendrait que dans les années à venir un colloque soit consacré aux méthodes de recherche des eaux du sous-sol et à l'évaluation des ressources disponibles et un autre colloque sur la physiologie de l'homme dans les zones arides.

13. Le Comité envisage l'aide à la recherche de la façon suivante :

a) Recherches jugées propres à produire des résultats de grande valeur scientifique. Le Comité préconise le maintien des subventions pour ces recherches dites d'intérêt général.

b) Recherches de caractère régional. Le Comité a appuyé le principe de travaux de cette catégorie qui ont de l'importance pour la région à laquelle sont consacrées les activités relevant du projet majeur.

c) Aide à un petit nombre d'instituts ou de centres de recherches suivant des principes énoncés par la recommandation 32 et notamment par l'octroi de bourses pour chercheurs et techniciens des instituts de recherches.

d) Par l'assistance à fournir en vue de l'essai sur le terrain de matériel nouveau.

La recommandation 35 souligne l'importance du programme de bourses pour les chercheurs et les techniciens appartenant à la région visée par le projet majeur.

Le Comité s'est également occupé des activités éducatives et sociales dans le cadre du projet majeur.

14. Le Comité a pris connaissance des recommandations adoptées lors

du colloque sur l'Erosion et la protection des sols des zones aride et semi-aride et formulées dans les termes suivants :

A. Les membres du Colloque sur l'Erosion et la Protection des sols des zones aride et semi-aride ont constaté que l'érosion du sol est souvent causée par une utilisation erronée d'un terrain sujet à l'érosion. Ils recommandent en conséquence :

(1) Une planification appropriée pour l'utilisation de tous terrains de cette nature;

(2) Le recours simultané, à cette fin, aux conseils qualifiés de spécialistes des diverses sciences traitant de l'utilisation du terrain : pédologie, agronomie, agrostologie, zootechnie, sylviculture, hydrologie, météorologie, etc.

B. Les membres du Colloque ont noté avec satisfaction que si l'érosion continue de poser un grave problème dans le Pakistan Occidental, divers organismes scientifiques du pays ont activement travaillé à diminuer les dommages qui en résultent... Les membres du Colloque recommandent que le Gouvernement Pakistanaï étudie sans retard la possibilité de créer, dans chacune des principales régions, des fermes expérimentales et des zones de démonstration ayant les dimensions suffisantes pour que les services chargés de la conservation des sols puissent essayer et éprouver des méthodes de lutte contre l'érosion et de meilleure utilisation du terrain.

15. Le Comité recommande que la 14^e session soit convoquée en Octobre 1958, à Téhéran, à l'occasion du colloque sur les problèmes de salinité dans la Zone Aride.

U. N. E. S. C. O.

Le Département des Sciences Exactes et Naturelles de l'Unesco m'envoie la lettre suivante à laquelle est annexé un questionnaire.

Nous demandons à ceux de nos membres qui s'occupent de cette question et qui estiment devoir participer à cette enquête de bien vouloir nous faire parvenir le questionnaire en question avec leur réponse. Nous les transmettrons à l'Unesco.

le 30 avril 1958

Monsieur,

La Conférence Générale de l'Unesco lors de sa neuvième session a autorisé le Directeur Général à mettre en œuvre un Projet Majeur relatif aux recherches scientifiques sur les terres arides. Le but de ce Projet Majeur est de stimuler et d'aider les recherches scientifiques sur les problèmes qui se posent en liaison avec le développement des régions arides. Etant donné que la déminéralisation des eaux salines constitue une partie importante des efforts tendant à accroître les ressources en eau, une section du programme d'action du Projet Majeur est consacrée à l'échange d'informations sur les études en cours relatives aux procédés et aux appareils de déminéralisation.

En premier lieu le Comité Consultatif de Recherches sur la Zone Aride lors de sa treizième session a recommandé que le Secrétariat établisse une liste d'institutions travaillant dans ce domaine, donnant les adresses, les noms des principaux chercheurs et l'orientation générale des recherches. Les informations que nous demandons dans le questionnaire ci-joint seront mises à la disposition des organisations et des institutions gouvernementales ou privées intéressées dans le monde entier. Il est à espérer que les possibilités actuelles et l'importance des études détaillées des conditions locales nécessaires à l'installation effective d'appareils seront ainsi mieux connues. L'enquête devrait aussi permettre la comparaison et l'évaluation des divers procédés qui sont à l'étude indiquant ainsi les directions les plus favorables à la recherche.

Les informations recueillies par cette enquête seront d'une grande valeur pour les Etats Membres de l'Unesco dont le territoire comprend des régions arides et en particulier à ceux de la région s'étendant de l'Afrique du Nord à l'Asie méridionale, qui sont les principaux bénéficiaires de l'effort entrepris dans le cadre du Projet Majeur de l'Unesco. Nous croyons également que l'échange d'informations ainsi mis en route sera très utile aux institutions de recherche qui y ont contribué puisqu'elles seront évidemment les premières à recevoir les résultats de l'enquête.

Nous vous serions très obligés de vouloir bien répondre à ce questionnaire au nom de votre organisation aussi rapidement que possible et au plus tard le premier juillet 1958. Nous comprenons naturellement que vous pourrez n'être pas en mesure de répondre à quelques unes des questions, mais nous serons en tout cas reconnaissants de recevoir votre réponse.

Veuillez agréer, Monsieur, l'expression de ma considération très distinguée.

P. AUGER,
Directeur,
Département des Sciences Exactes et Naturelles

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ÉDUCATION, LA SCIENCE ET LA CULTURE

Département des Sciences exactes et Naturelles
19 Avenue Kléber, Paris, France

Projet Majeur relatif aux recherches scientifiques sur les terres Arides

QUESTIONNAIRE POUR UNE ENQUETE SUR LES LABORATOIRES TRAVAILLANT SUR LA DÉMINÉRALISATION DES EAUX SALINES

1. Nom et adresse du laboratoire.

2. Noms du Directeur et des principaux chercheurs.
3. Caractère de l'institution (université, service gouvernemental de recherche, laboratoire industriel, institut de recherche indépendant, etc.)
4. Catégorie de procédés en cours d'étude :
 - (a) Procédés de vaporisation, à l'exclusion des procédés basés sur l'énergie solaire (par exemple, distillation avec thermo-compression, évaporation à effet simple et multiple, évaporation flash, pression critique, utilisation des différences de température, etc., ou combinaisons de ces différents procédés).
 - (b) congélation de l'eau;
 - (c) procédés d'osmose (membranes synthétiques, films d'huile moléculaires, membranes biologiques, etc.)
 - (d) procédés chimiques (échanges d'ions, extraction par solvants, etc.);
 - (e) procédés électriques (électrodialyse, membranes sélectives, etc.);
 - (f) distillation par énergie solaire;
 - (g) autres procédés.
5. Caractère des recherches entreprises (théorique, expérimental, installation-pilote, industriel).
6. Objectif principal du procédé de déminéralisation, par exemple, eau à bas prix pour l'agriculture, l'industrie, les besoins municipaux, autres fournitures d'eau.
7. Qualités de l'eau à traiter (si possible, donner des analyses).
8. Qualité de l'eau à obtenir.
9. Donner les références des publications sur les travaux en cours.
10. Indiquer si des brevets ont été demandés.
11. Indiquer, quand c'est possible, le prix de revient estimatif de l'eau déminéralisée :
 - (a) Ce prix inclut-il les investissements en capital, les frais de fonctionnement, les dépenses d'énergie ou tout autre frais ?
 - (b) Donner des détails sur la méthode d'estimation, tels que l'importance relative des matériaux, de la main d'œuvre, de l'énergie, des produits chimiques, etc.
 - (c) Indiquer les besoins d'énergie par unité de volume d'eau déminéralisée.
12. Ces recherches ont-elles un but spécifique, tel que la construction de la meilleure installation de déminéralisation possible pour une localité donnée, prenant en considération les quantités d'eau déminéralisée nécessaires, la teneur en sels de l'eau à traiter, l'énergie disponible, l'élimination de la saumure, les frais locaux tels que la main-d'œuvre, etc. ?
13. Si possible, indiquer les laboratoires travaillant sur des problèmes similaires avec lesquels des contacts réguliers sont entretenus.
- 14. Remarques.

THE DANUBE FLOOD OF JULY 1954

In a previous issue we announced that the Austrian Hydrographic Service had kindly put at our disposal a number of copies of a report dealing with this flood.

Our colleague, Mr. Völk of Munich, has in his turn made available to us some copies of a Bavarian report on the same flood.

The two reports can be sent to those who apply for them and send 75 Belgian francs to cover expenses.

CRUE DU DANUBE EN JUILLET 1954

Dans un de nos précédents numéros, nous avons annoncé que le Service Hydrographique Autrichien avait bien voulu mettre à notre disposition un certain nombre d'exemplaires d'une étude relative à cette crue.

Notre Collègue, Monsieur Volk de Munich nous fait à son tour parvenir quelques exemplaires d'une étude bavaroise de la même crue.

Les deux études peuvent être envoyées à ceux qui en feront la demande (contre 75 francs belges pour couvrir les frais).

PARTIE SCIENTIFIQUE

PRINCIPES FONDAMENTAUX DE LA THEORIE DU MOUVEMENT DES EAUX SOUTERRAINES

PAR

Prof. A. N. BELANY
Institut de Hydrométéorologie Odessa

Nous examinons la théorie du mouvement des eaux souterraines comme une partie de la théorie générale de l'écoulement des eaux de terre ferme. C'est pourquoi les investigations se rapportent non seulement à la dynamique des éléments hydrauliques des eaux souterraines, mais aussi aux questions de circulation de l'eau entre les horizons aquifères différents, entre les eaux souterraines et superficielles, c'est-à-dire aux questions d'alimentation des eaux de sous-sol et d'écoulement souterrain vers les fleuves.

Le courant des eaux souterraines se distribue entre des horizons aquifères différents qui communiquent entre eux ou sont séparés par des masses de roches peu perméables. Le caractère de l'écoulement souterrain à plusieurs étages s'aggrave du fait d'un drainage inégal (irrégulier) de par une érosion de différents ordres. Avec cela, devant l'accroissement de l'ordre des fleuves, la profondeur du drainage augmente en se ralentissant; ceci mène à une augmentation excessivement rapide du temps de parcours des eaux souterraines à mesure de la plus grande profondeur de leur gîte.

C'est rationnel de prendre comme fondement d'analyse un modèle d'écoulement à plusieurs couches séparées par des couches relativement imperméables, parallèles, à déclivité constante et à coefficient permanent de filtration pour chaque horizon aquifère. Une telle analyse permet de mettre en évidence les propriétés les plus générales de l'écoulement souterrain, et d'établir ensuite les particularités de ce mouvement dans des conditions plus compliquées du gisement des roches.

L'élément principal de la théorie du mouvement des eaux souterraines consiste en l'examen de la dynamique d'une couche d'eau de sous-sol séparée.

Le bilan d'un courant de sous-sol séparé se compose de l'afflux provenant de l'infiltration de haut en bas, du débit d'infiltration dans la couche sous-jacente peu perméable, de l'écoulement et de l'accumulation. L'afflux dans le premier horizon supérieur de l'eau de sous-sol s'observe après la fonte des neiges ou bien après des pluies abondantes qui inondent le sol. Par conséquent, l'afflux s'effectue durant des laps de temps séparés et de courte durée (de l'ordre de quelques jours et moins), suivis par de longues périodes sans afflux. Durant l'afflux, l'intensité de ce dernier est quasi permanente, en se rapprochant du coefficient de filtration du sous-sol. Et le volume de l'afflux est lié par un chiffre avec la durée de ce même laps de temps.

L'afflux dans le second horizon des eaux souterraines qui s'exprime par le débit de l'infiltration à travers la première couche peu perméable se détermine de deux manières. Si l'horizon indiqué se rapporte à la catégorie des *eaux intermédiaires (entre deux couches) sans charge*, l'afflux correspondant se détermine par la perméabilité de la couverture; c'est-à-dire qu'il dépend du coefficient de filtration de cette couverture, de la présence de « lucarnes », de fissures dans la couche peu perméable, etc. La condition essentielle de l'existence des eaux intermédiaires sans charge peut être exorimée par l'inégalité suivante :

$$a > \frac{(\bar{K} - \bar{K}_{n+1})}{K_n I} l \quad (1)$$

où a égale la puissance de la couche perméable dans laquelle se trouve l'horizon donné (n'); K_n — est le coefficient de filtration de cette couche; I — sa pente; l — la distance entre la ligne de partage des eaux souterraines et le secteur d'érosion qui draine le courant donné (« distance de drainage »). \bar{K}_n et \bar{K}_{n+1} sont les coefficients respectifs de la perméabilité de la couverture à travers laquelle passe de haut en bas l'infiltration libre, et de la couche sous-jacente peu perméable. Il est rationnel de prendre pour l'analyse générale les valeurs \bar{K}_n et \bar{K}_{n+1} au sens moyen en attribuant tout le débit d'infiltration à travers la couche, les lucarnes et les fissures à la surface complète. On peut aussi admettre que cette valeur ne se modifie point dans le temps, car la profondeur du courant n'est ordinairement pas grande en comparaison de la charge générale; ceci crée une permanence relative du gradient hydraulique durant la filtration. Il est vrai qu'une telle déduction porte pourtant un caractère quelque peu approximatif, car avec l'augmentation en profondeur du courant on peut observer un accroissement non seulement du gradient à charge de la filtration à travers la couche sous-jacente, mais aussi une coupe vive des eaux qui s'écoulent à travers les « lucarnes » perméables. Comme on le voit dans l'inégalité (1) les eaux intermédiaires libres sont possibles rien que si les valeurs l , sont petites, c'est-à-dire dans l'étage supérieur du drainage intensif.

Le signe inverse de l'inégalité répond au cas où la couverture est quelque peu inondée et où il existe un mouvement en charge. Dans ce cas-là l'afflux ne se détermine pas par infiltration à travers une couche relativement peu perméable, mais par l'existence de porosité libre de la couche perméable sous-jacente qui à son tour se détermine par une décharge dans les vallées des fleuves et dans la mer. Selon la structure géologique et le caractère de drainage le mouvement en charge peut se manifester dans le second, le troisième horizons ou même dans les horizons plus profonds. Le régime d'écoulement est clairement différent si le mouvement est en charge ou bien sans celle-ci. Les plus grandes difficultés se manifestent dans l'analyse du mouvement des eaux intermédiaires sans charge, c'est pourquoi nous y consacrons ici la plus grande attention.

L'afflux de l'eau souterraine dans le second horizon aquifère diffère grandement par son régime de l'afflux dans l'horizon supérieur de l'eau de sous-sol : il peut être ininterrompu, si l'horizon supérieur ne s'épuise pas, ou bien intermittent si les laps de temps de l'afflux sont de longue durée (des mois et des saisons), mais peu intensifs. Durant un afflux ininterrompu le régime de l'horizon aquifère correspondant se fait permanent. On est donc amené à considérer le problème d'analyser le mouvement non permanent des eaux souterraines durant un afflux intermittent à laps de temps d'intensité

permanente, mais de durées différentes, ainsi que le mouvement permanent à afflux ininterrompu.

L'équation différentielle du mouvement non permanent des eaux souterraines peut être élaborée de la manière suivante en se fondant sur la loi de Darcy et les conditions exposées ci-dessus :

$$K_n I \frac{\partial H}{\partial x} - K_n \left(\frac{\partial H}{\partial x} \right)^2 - K_n H \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \delta \frac{\partial H}{\partial x} = \overline{K}_n - \overline{K}_{n+1} \quad (2)$$

où H est la profondeur du courant de sous-sol au moment t , à la distance x du partage des eaux, δ est l'écoulement de l'eau exprimé par des particules d'une unité. Il faut noter que pour un courant de sous-sol qui s'écoule sur la couverture des eaux artésiennes à grande charge, la valeur \overline{K}_{n+1} peut devenir négative, c'est-à-dire que l'écoulement se transforme dans ce cas-là en exfiltration de bas en haut (décharge des eaux artésiennes à travers la couverture).

De l'équation (2) pour un mouvement établi, il est facile de déduire l'équation

$$\frac{dH}{dx} = I - \frac{\overline{K}_n - \overline{K}_{n+1}}{K_n} \cdot \frac{x}{H} \quad (3)$$

Examinons d'abord le cas de mouvement permanent : On peut mathématiquement avoir trois solutions de l'équation (3) : —deux d'entre elles ont une portée pratique. Du point de vue physique une telle multiplicité de solutions est liée à l'existence de deux genres de mouvements : à support et sans support. Dans des courants d'afflux faible ayant un « afflux relatif »

$\beta = \frac{4(\overline{K}_n - \overline{K}_{n+1})}{K_n I_2}$, le débit qui augmente régulièrement le long du courant

s'effectue à une profondeur égale à zéro sur la ligne de partage (régime sans support). Au cas β_1 répond aussi la formule (terme) fonctionnelle de l'intégrale de l'équation (qui n'est pas citée ici). En substituant dans cette intégrale la profondeur initiale $H = H_0 = 0$ (avec $x = 0$), nous avons l'équation du courant de sous-sol à régime sans support ($\beta < 1$) :

$$x_1 = \sqrt{\frac{N_2^2 - 1}{(Z - N_2)^2 - 1}} \left(\frac{1 + N_2}{1 - N_2} \cdot \frac{1 + Z - N_2}{1 - Z + N_2} \right)^{0.5 N_2} \quad (4)$$

Ici

$$N_2 = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta}} ; x_1 = \frac{x}{l} ; Z = \frac{2\alpha}{I \sqrt{1 - \beta}} \text{ et } \alpha = \frac{H}{x}$$

Cette équation est facilement nomographiée.

Les contours de la courbe (4) sont très asymétriques; elle tombe fortement près du réservoir — l'effet de drainage est ressenti sur un secteur relativement petit de la partie inférieure du courant.

Avec la croissance de l'afflux le rendement du débit augmentant peut s'effectuer au compte de l'accroissement en profondeur du courant seulement jusqu'à la valeur $\beta = 1$ autant que si H augmente, la pente de la nappe d'eau diminue. Si $\beta = 1$ la croissance de H mène à une diminution du débit et le régime sans support se fait impossible : il survient à la ligne de partage un support initial H_0 . A base d'une série d'opérations mathématiques ce support

peut être déterminé de la manière suivante :

$$H_0 = e^{-n} / \sqrt{\frac{\bar{K}_n - \bar{K}_{n+1}}{\bar{K}_n}} \quad (5)$$

où $n = [4.7124 - \arctg(1 - N)] N$, et

$N = \frac{1}{\sqrt{\beta - 1}}$. Si $\beta = 1$, $N = \infty$, ainsi $H_0 = 0$, c'est-à-dire que le courant se transforme en courant sans support.

L'équation du courant à régime sans support se présente alors comme :

$$\ln x' = 0.5 \ln \frac{N^2 + 1}{(Z' - N)^2 + 1} - N [\arctg(Z' - N) - \arctg(1 - N)] \quad (6)$$

$$\text{Ici, } Z = \frac{2\alpha}{1\sqrt{\beta - 1}}$$

On a aussi dressé un nomogramme pour les calculs sur l'équation (6).

Une intégration précise de l'équation du mouvement non permanent (1) est impossible. C'est pourquoi on applique pour analyser le mouvement non permanent une méthode qui fut utilisée avec succès dans le domaine de la théorie d'écoulement des eaux souterraines. Cette méthode consiste à recevoir une solution approximative générale, de même qu'une série de solutions exactes particulières (pour les plus simples cas qui se soumettent à l'intégration, ou bien simplement pour des résultats d'intégrations numériques séparées). La corrélation des solutions précises et approximatives permet d'évaluer la précision de ces dernières et d'y introduire des fonctions ou des coefficients correctifs. On accepte comme base générale la solution approximative fondée sur l'admission suivante : la vitesse $V = KI$, où I est la pente non pas de la nappe d'eau, mais de la couche sous-jacente. Comme cela se voit ci-dessous une telle admission est valable pour la majorité des calculs hydrologiques, souvent même sans introduction de fonctions correctives. L'admission indiquée permet de simplifier l'équation du mouvement non établi du courant souterrain de la manière suivante :

$$\frac{\partial Q'_n}{\partial x} + \frac{\delta}{\bar{K}_n} I \frac{\partial Q'_n}{\partial t} = \bar{K}_n - \bar{K}_{n+1} \quad (7)$$

où $Q'_n = K_n IH$, c'est-à-dire qu'il représente le débit par mètre courant de la largeur du courant.

La solution du problème revient à une intégration successive de l'équation (7) pour des intervalles de temps à afflux et sans afflux (quand $K_n = 0$), et les solutions reçues servent de conditions initiales pour l'intervalle suivant. Ainsi, pour le premier intervalle de temps, on reçoit de (7) deux solutions :

$$1. Q'_n = (\bar{K}_n - \bar{K}_{n+1}) x \dots \dots \dots (8) \text{ ou bien } H = \frac{(\bar{K}_n - \bar{K}_{n+1}) x}{\bar{K}_n I} \quad (8)$$

$$2. Q'_n = \frac{K_n I}{\delta} (\bar{K}_n - \bar{K}_{n+1}) t \quad (9) \text{ ou bien } H = \frac{K_n - K_{n+1}}{\delta} t \quad (9)$$

La première solution (8) dérive des conditions qui limitent le courant

sur le partage; elle caractérise la zone de mouvement permanent près de ce dernier, dans laquelle les profondeurs accroissent sur la longueur x en ligne droite — en raison directe au courant sommaire.

La seconde solution (9) répond à la zone inférieure de mouvement non permanent, qui se caractérise par la profondeur du courant, constante en espace, mais variable en temps. La position de la coupe distincte entre les deux zones indiquées dérive de par la solution en commun de (8) et (9) :

$$x_t = \frac{K_n I}{\delta} t \quad (10)$$

La valeur x_t représente la voie d'écoulement de la vague de l'écoulement souterrain et simultanément la voie de la filtration. Effectivement dans le cadre du problème donné il n'y place à aucun étendage, car la vitesse ne dépend point de la profondeur variable du courant et la déclivité est prise comme constante. La formation subséquente de l'écoulement représente une alternation de phases d'usure (d'épuisement) des eaux souterraines en périodes sans afflux et de phases d'élévation au cours de périodes à afflux. La section longitudinale du courant sera représentée en résultat par une ligne brisée, qui consiste de secteurs à profondeur intermittente (« des coins »), alternant avec des secteurs à profondeur constante sur la longueur du courant. Vers la fin d'un certain temps m — le débit d'écoulement dans l'alignement final que l'eau n'a pas encore atteint se détermine de la manière suivante :

$$Q'_n = \frac{\bar{K}_n}{\delta} [(\bar{K}_n - \bar{K}_{n+1}) \sum_0^m T - \bar{K}_{n+1} \sum_0^{m-1} T_0] \quad (11)$$

où T représente la durée d'une unique période d'afflux, et T_0 — la période correspondante sans afflux. Le débit d'écoulement dans les limites du « coin » le plus proche (en amont de l'alignement à la fin du parcours d'eau) est représenté par l'équation suivante :

$$Q_n' = (\bar{K}_n - \bar{K}_{n+1}) x - \frac{K_n I}{\delta} \bar{K}_{n+1} \sum_0^{m-1} T_0 \quad (12)$$

De là, le temps durant lequel a lieu le parcours de filtration est :

$$t_\varphi = \frac{\delta l}{K_n I} \quad (13)$$

Les formules citées sont valables si les eaux souterraines ne s'épuisent point, c'est-à-dire si elles possèdent un régime ininterrompu. L'épuisement des eaux souterraines peut avoir lieu si avant la fin de la période sans afflux s'achève l'écoulement des eaux formées par l'afflux antérieur ou bien si la couche d'eau de sous-sol formée auparavant s'épuise par imprégnation dans la couche peu perméable relatif sous-jacente. Les calculs démontrent l'unique possibilité du second cas — l'épuisement des eaux souterraines en résultat d'infiltration bien avant l'achèvement du parcours. De cette manière, les eaux souterraines à régime intermittent d'observation dans le cas $T_0 \max > \tau_3$ où le temps d'épuisement est :

$$\tau_3 = \frac{\bar{K}_{n+1}}{U} - T_n \quad (14)$$

Ici, U une couche d'infiltration (de l'afflux par an) et T_n — le laps de temps

entre le commencement de la première période d'afflux jusqu'à la fin de la dernière.

On peut parler de deux genres d'eau à régime intermittent — d'une eau superficielle intermittente printanière et d'une eau superficielle saisonnière. Le premier cas a lieu quand le temps d'épuisement est plus court que celui de l'intervalle moyen entre les périodes de pluies T_0 ; le second s'observe devant le rapport $T_0 \max > \tau_3 > T_0$.

Pour des régions à hiver sévère il répond au cas des eaux souterraines d'été qui s'épuisent en hiver (eau superficielle d'été). On a reçu pour tous les cas des formules de débit sommaire, maximum et minimum et des équations d'hydrographe. Comme exemple, on peut citer les formules des normes d'écoulement d'une eau superficielle qui s'épuise rapidement :

$$y_{np} = \frac{1000 I}{2\delta l} K_1 \frac{\overline{\overline{K_n}}}{(K_n - \overline{\overline{K_{n+1}}})} \frac{\overline{\overline{K_n}}}{K_{n+1}} \sum (T^2)_{MM} \quad (15)$$

La formule du débit de l'écoulement pour un régime ininterrompu d'eaux souterraines ($\tau_3 > T_0 \max$) après convertissement sera simplement :

$$Q = l h \varphi \quad (16)$$

où $h\varphi = \frac{U\varphi}{l} - K_{n+1}$ $U\varphi$ représente la couche générale de l'afflux (d'infiltration) durant le temps ultérieur de parcours. La norme d'afflux est, par conséquent :

$$Q_3 = 0.0317 (U_0 - K_{n+1}) / \text{km}^2 \quad (17)$$

où U_0 la norme d'infiltration (U et K_{n+1} en mm/an).

Pour les calculs des débits maximums et minimums, il est nécessaire d'avoir des formules d'infiltration, composées en séries du maximum au minimum. Ainsi, par exemple :

$$Q_{\max} = l \left(\frac{U_{\max}}{l\varphi^{1-m}} - K_{n+1} \right) \quad (18)$$

Il faut noter que pour des eaux à charge qui inondent la couverture $K_{n+1} = \frac{Q_{n+1}}{l_{n+1}}$.

En examinant l'équation (1) nous observons qu'elle donne une des solutions (9) ou bien (11) qui coïncide à l'intégrale correspondante de l'équation approximative (7). Encore inconnue est l'équation du coin d'amont (ou bien d'une série de coins pour un écoulement à périodes multiples) et en relation à cela — la voie de parcours de la vague est aussi encore inconnue. A base d'une série de solutions numériques pour l'équation (1), en utilisant pour leur généralisation et leur approximation des rapports d'intégrales du bilan et certaines considérations hydrauliques supplémentaires sur la forme de la courbe de la nappe d'eau, nous avons reçu les formules précisées suivantes :

Le parcours de la vague $xb = \beta xt$ (16), où xt se détermine par (10). La valeur du coefficient correctif ρ est conditionnée par l'étendage, qui survient de par l'acroissement de la pente et de la vitesse le long du parcours. C'est évident que $\rho > 1$.

Pour le cas d'un régime sans support ($\beta < 1$) on a :

$$\rho = 1 + \frac{1}{\eta} \eta = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{1 - \beta}}{1 - \sqrt{1 - \beta} - 0.5\beta}} \quad (20)$$

La profondeur du courant dans les limites du coin d'amont est :

$$H = 0.5 J (1 - \sqrt{1 - \beta}) \left(1 - \frac{x^{\eta-1}}{\eta(\rho xt)^{\eta-1}} \right) \quad (21)$$

En introduisant le coefficient ρ dans la valeur du temps de parcours, on peut préciser les calculs hydrologiques de tous les éléments de l'écoulement souterrain. Pour des courants à faible afflux la valeur ρ se rapproche de 1 et les formules citées précédemment sont valables sans aucun correctif.

Les formules reçues peuvent être appliquées à chaque horizon (en choisissant conformément les indices des composants du calcul). Pour le calcul des débits de tous les courants de sous-sol dans les limites de la profondeur maximum de l'érosion, de tel ou tel fleuve, en escomptant la fréquence variée du drainage des étages différents et en faisant la somme des résultats, nous recevons la valeur de l'alimentation souterraine du fleuve et son hydrographe. Notons plusieurs observations générales fondées sur un tel calcul pour des conditions variées.

Le régime du premier horizon est le plus ordinaire — il est intermittent, aussi il peut aussi être ininterrompu. Le second horizon reçoit l'eau par intervalles de durées régulières ou bien sans interruption. Dans le premier cas le mouvement conserve en somme un caractère non permanent, mais est, en règle, interrompu à amplitude fortement atténuée des modifications du niveau. Dans le second cas le mouvement devient établi. L'écoulement des eaux artésiennes et, en général, de toutes les eaux, ayant une alimentation intensive « de tête » près du partage, possède un régime proche de celui qui est permanent; mais il subit une certaine influence de par les modifications du niveau des fleuves; l'hydrographe d'un écoulement artésien représente comme l'image d'un hydrographe d'écoulement fluvial reflétée dans un miroir, mais avec une amplitude fortement aplaniée des modifications du débit.

L'écoulement des horizons intermittents fait ordinairement une partie minime de l'infiltration générale. L'écoulement de l'horizon supérieur entre les horizons à action constante comprend de règle, en relation à la diminution fortement prononcée du drainage, une partie importante de l'infiltration. De grande portée est ici la corrélation entre les coefficients de la filtration de cet horizon et de celui qui se trouve à plus grande profondeur, ainsi que la valeur du coefficient de perméabilité de la couche qui les sépare. Devant une grande capacité de filtration de la couche supérieure, cette dernière peut déverser en réalité tout l'afflux de filtration.

L'hydrographe de l'écoulement souterrain a théoriquement une forme de ligne brisée qui consiste de parcelles inclinées et horizontales; néanmoins l'afflux entier dans les fleuves comprend un afflux de horizons de différente profondeur et à drainage varié; en résultat le hydrographe peut obtenir de contours rythmiques. Avec cela pour l'approximation de l'équation de l:

diminution de l'hydrographe les fonctions démonstrative et inverse du degré de temps sont valables.

Les formules de l'alimentation souterraine des fleuves sont très compliquées et a chiffres multiples — devant des structures géologiques variées elles sont exprimées par différentes fonctions. Pour les appliquer en pratique, il est nécessaire d'avoir des coupes géologiques et de connaître les coefficients de filtration de toutes les roches existantes du bassin. De cette manière on peut appliquer ces formules rien qu'à la solution de certains problèmes spécialisés, liés à des projets de constructions de bonification et hydrotechniques, de même qu'à l'interprétation des observations. Mais pour calculer, l'écoulement d'un bassin entier les données hydrogéologiques sur celui-ci ne garantissent pas l'application des formules. Il faut une approximation de solutions reçues, une certaine unification de celles-ci. En relation à la norme de l'écoulement une telle approximation est obtenue avec succès suffisant par l'application de la fonction suivante : $Y_{\psi} = Uth\varphi$ (22), où Y_{ψ} est la norme d'alimentation de sous-sol, U — l'infiltration complète, et la fonction sous le signe de la tangente hyperbolique est exprimée par : $\varphi = d_2 \left(\frac{F}{F, kp} - 1 \right)^{\Sigma}$

Ici, F, kp est la surface moyenne du réservoir des sources du réseau fluvial dans les limites du bassin, c'est-à-dire la surface qui répond à l'origine de l'alimentation de sous-sol. Le paramètre Σ égale en moyenne 0,21, mais peut être admis avec petite erreur à 0,25; d_2 est le paramètre hydrogéologique qui dépend de la structure géologique — du caractère des roches, dans lesquelles se trouve le premier horizon permanent en corrélation au caractère de la couche sous-jacente et de la suivante qui est perméable; ceci détermine le genre du régime — à charge ou bien sans charge. Ce paramètre se modifie grandement, il s'augmente si la distribution des eaux intermédiaires sans charge diminue, si le coefficient de la filtration des couches supérieures s'accroît, etc. Il peut être divisé en districts à base de distinction des surfaces qui sont uniformes de par leur hydrologie et géomorphologie. Si F est distinctement plus grand que F, kp , $th\varphi = 1$, la norme d'alimentation souterraine est pratiquement égale à la norme d'infiltration. En général, la valeur de l'infiltration dans les eaux de sous-sol est l'élément principal des formules génétiques de l'écoulement souterrain; la structure géologique définit seulement la nouvelle répartition de l'infiltration générale entre les étages séparés de drainage. Cela se voit aussi dans l'équation du bilan de l'alimentation souterraine :

$$Y_{\psi} = U - \Delta V - U_{n+1} \quad (21)$$

où ΔV est l'accumulation des eaux de sous-sol égale à zéro pour une période de plusieurs années, et U_{n+1} est l'infiltration au-dessous du fond du fleuve, conditionnée par une décharge dans des vallées plus profondes ou bien dans la mer. L'infiltration dépend, en somme, des conditions climatiques, c'est-à-dire qu'elle peut être exprimée par une carte d'isolignes. Néanmoins, elle est influencée par le caractère des activités humaines — utilisation agricole des terrains, etc. La détermination de l'infiltration se fait possible par trois méthodes : (1) par les modifications (les élèvements) du niveau de l'horizon supérieur des eaux de sous-sol; (2) par les données des measurements des précipitations atmosphériques et (3) par l'écoulement des grands fleuves sur lesquels U_{n+1} est hypothétiquement égal à zéro.

Le but des investigations ultérieures consiste en précision des paramètres des formules, en élaboration de formules de calcul régionales pour l'alimentation souterraine, en investigations théoriques expérimentales de l'influence du drainage artificiel sur la dynamique de l'écoulement souterrain.

OBSERVATION OF SEDIMENT LOAD IN THE RIVER WITH THE THILTMETER (WITH THE TILTMETER OF ZÖLLNER SUSPENSION

TOSHIO TANIGUCHI

SUMMARY

One of the most important factors for the study of various problems of river-improvement and river-utilization is the measurement of amount of sand and gravels transported by water.

However, to this date, no definite methods of the measurement have been discovered. The author found a new method of this measurement using a tiltmeter (with horizontal pendulum of Zöllner suspension).

Applying this method, it is able to measure sediment load (bed load and suspended load) both at the time of low-water and flood. Also through this method, it is possible to observe and self-register variation of the rate of sediment transportation continuously in such a case as other methods are not useful.

The test observation at Sukumo-gawa, Hakone-machi, Ashigara-gun, Kanagawa-pref, from September 1953 to November 1954 performed by the author of this article was successful.

Thus, this method has been put in practical use at upper stream of Katashina-gawa in Tone-river system, Gumma-pref, since July 1956.

1. INTRODUCTION

One of the most important factors for the study of various problems of river improvement and river utilization is the measurement of amount of soil and gravels transported by flowing water. However, to this date, no definite methods of the measurement have been discovered.

The author found a new method of this measurement using a tiltmeter. Applying this method, it is able to measure sediment load both at the time of lowwater and highwater. Also through this method, it is possible to observe and selfregister fluctuation of rate of sediment transportation to the flowing water continuously in such a case that other methods are not useful.

The test observation at Sukumo-gawa, Hakone-machi, Asigara-gun, Kanagawa Prefecture from Sept. 1953 to Nov. 1954 perfauimed by the author of this aurticle was successful.

The regular observation at Kakidaira on upper stream of Katashina-gawa in Tone river system, Gumma Prefecture is being continued since Jun. 1956.

2. SYNOPSIS AND THE PRINCIPLE OF MEASUREMENT

Highly sensitive tiltmeter has been genrably employed in observations for the earth tides, crustal deformation and other geophysical phenomena. But recent developments in the fields of civil architectural and other various engineerings demand also the tiltmeter to the precise measurement of minute tilting motion of the ground and construction in the case of, for instance, study for ground-subsidence, unequal sinking of the building, thermal buckling of the construction caused by massive loading and others.

Also in the case of measurement of sediment load in flood we found out that

tiltmeter may be useful because it is able to measure tilting of the ground which is lead by increasing of flowing water and transporting load.

Tiltmeter is the horizontal pendulum called Zöllner in general. In this pendulum, a bar with a weight is supported by unexpansible fine threads on upper and lower side of a support which is perpendicular to the base. Coefficients of thermal expansion of suspending threads are very small [cf. Fig. 2]

If θ is an angle between a support and a horizontal bar, φ is a tilting angle of the ground and ϕ is a turning angle of mirror which is put on the horizontal bar, the following relation is come into resistance

$$\phi = \varphi / \theta \quad (1)$$

If I is moment of rotation of pendulum, equation of moment is following

$$I \frac{d^2 \phi}{dt^2} + \left(\frac{2}{3} m g l \sin \theta + \frac{\pi \gamma^4 n}{L} \right) \phi = 0 \quad (2)$$

where n : rigidity of suspending thread

γ : radius of suspending thread.

L : average length between two suspending threads.

l : length of horizontal bar

m : mass of a weight on horizontal bar.

Period (sec.) of the horizontal pendulum is shown by following if $\sin \theta \approx \theta$,

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{4}{9} m l^2}{\frac{2}{3} m g l \theta + \frac{\pi \gamma^4 n}{L}}} \quad (3)$$

Attending the rigidity of suspending thread, turning angle ϕ becomes $\theta + \alpha$. Therefore, equation (1) becomes following.

$$\phi = \theta / \theta + \alpha \quad (4)$$

And according to equation (3), the following is concluded :

$$\frac{I}{T^2} = K (\theta + \alpha), \quad K = \frac{3g}{8\pi^2 L}, \quad \alpha = \frac{3\pi \gamma^4 n}{n g l L}$$

$$\phi \text{ becomes following. } \phi = \frac{3g}{8\pi^2 l} + \varphi T^2 \quad (5)$$

Relation between turning angle of horizontal pendulum and tilting angle of the ground is given by equation (5) where right-angled direction to bar with a weight in the position of reposed horizontal pendulum becomes the direction of ground tilting.

Therefore, I could infer that tiltmeter which was settled on the river bank must be useful to measure the strain of ground which is caused by increasing of flowing water load and transporting load, and that the influence by transporting load only will be given by difference between an actual tilting angle and a tilting angle influenced by flowing water only.

If fluctuation of tilting angle is shown by longitudinal axis and water level is

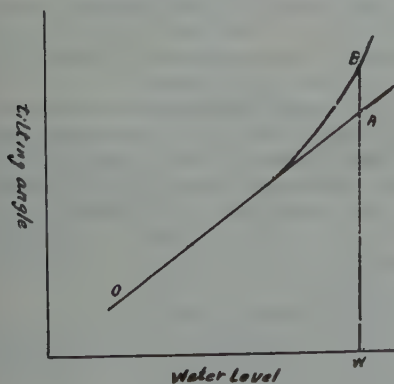


Fig. 1

by latitudinal axis in coordinate system in Fig. 1. relation between them must be shown such a straight line as OA excepting the influence by transporting load. But adding the influence by transporting load to this relation, it will be shown by such a curve line as OB.

Accordingly, the tilting angle influenced by transporting load only will be shown by longitudinal difference between the straight line and the curved line.

3. INSTRUMENTS FOR OBSERVATION

Principal instruments for this observation are tiltmeters, electric watergauge and self-registered thermometer. Principal and construction of tiltmeter are as have been previously mentioned [cf. Fig. 2].

The horizontal bar in this tiltmeter has a mirror to which a ray is given out from an electric lamp. And the reflecting ray from this mirror is plotted on a photographic paper for recording. If the base begins to tilt, horizontal pendulum begins to turn.

And the turning is optically recorded as reflecting ray from the mirror.

Suspending thread is made of super-invar, and its diameter is 30μ and its coefficient of thermal expansion is $10^{-7} \text{ cm/}^{\circ}\text{C}$.

Because distance of optical lever is 1 m. δ per $1''$ of tilting is shown as follows. $\delta = 0.423 \times 10^{-2} T^2$

Here, T is period of free-vibration of horizontal pendulum. For an example, when $T = 15.4 \text{ sec}$. $\delta = 1 \text{ cm}$.

That, is if period of free-vibration is increased, tilting angle is able to be substituted by greater angle of turn than it of tilling.

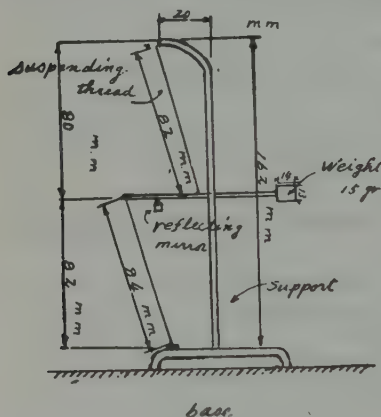


Fig. 2

Electric water gauge was designed for the purpose of self-registering on the same photographic paper as tilting angles were recorded. In this gauge, two stainless-steel lines are put on in the water as Fig. 3, and the fluctuation of electric resistance which is generated by moving of contact point between these two lines followed by fluctuation of waterlevel is optically self-registered by galvanometer.

The wiring arrangement is shown by Fig. 3. On this figure, (a) shows the water gauge which is used in Sukumo-gawa and (b) shows it in Tone-river system.

Self registered thermometer utilized Bi-metal and was used for measurement of temperature in observation room, because tiltmeter is severely affected by fluctuation of temperature. Bi-metal is made of two different kinds of metal-plate being stuck together. Bending of Bi-metal is optically recorded by mirror on the same photographic paper as in tiltmeters and watergauge. And variation of temperature 1°C leads variation of 3 cm on the recording paper.

Photographic paper for recording was wound round the turning drum of which diameter is about 15 cm and length is 25 cm. Because this cylinder was moved by electric motor, the rotating velocity may be varied with variation of electric cycle of the source, and the rotation may be stopped by electric stoppage. Therefore time-marking was needed to this recording paper.

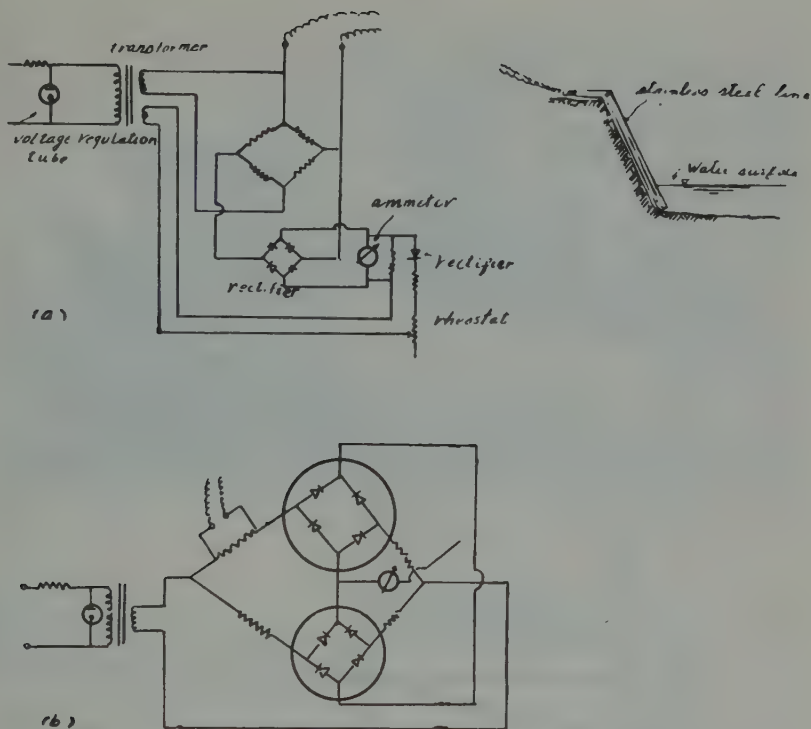


Fig. 3

Time marking is performed by putting an electric contact on the short hand of clock, and an electric lamp with a battery is lighted by means of contact two times per day, and its ray dotted on the recording paper.

Arrangement of tiltmeters, electric watergauge, thermometer, etc, in the observation room is shown by Fig. 4.

Fig. 5 shows photographs of tiltmeter and recording equipment.

4. RESULTS OF OBSERVATION

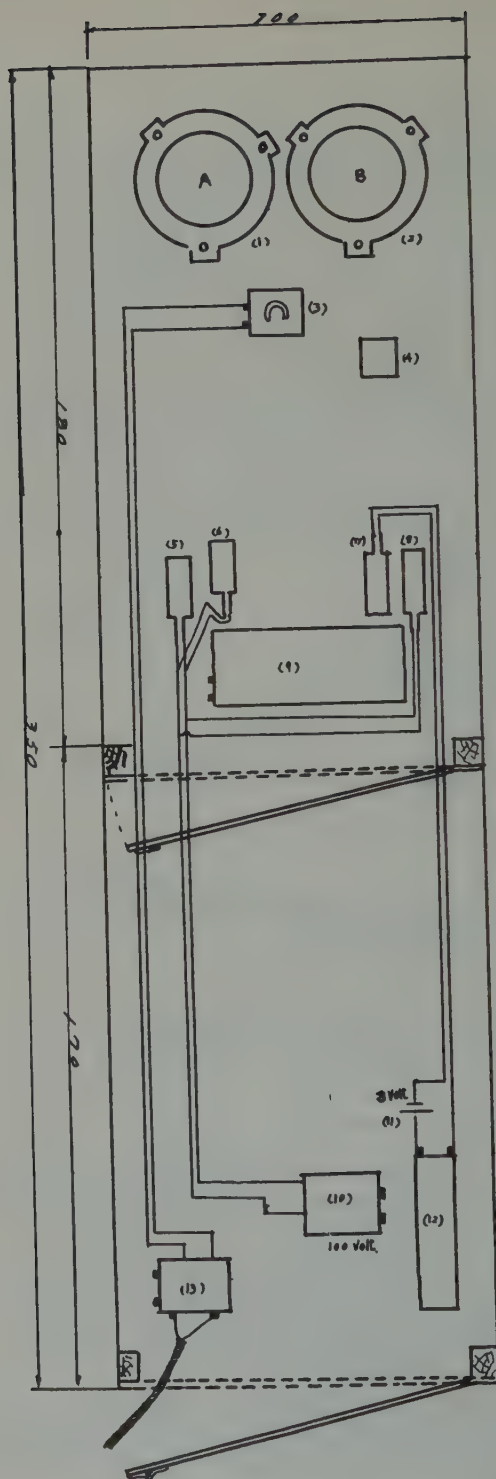
Results in Sukumo-gawa;

Observation in Sukumo-gawa as test experiment was begun from March 1953.

And practical measurement was performed from September 1953 to November 1954 because adjustment of instruments took months.

Sensitivities of tiltmeters during this observation were as follows.

Tiltmeter A	23rd Sept. 1953 ~ 26 th Nov. 1953	2.5 mm/sec.
	16th Dec. 1953 ~ 24th May 1954	2.6 »
	25th May 1954 ~ Oct. 1954	1.8 »
Tiltmeter B	23rd Sept 1953 ~ 10th Oct. 1953	2.4 »
	11st Oct. 1953 ~ 26th Nov. 1953	2.2 »
	16th Dec. 1953 ~ 24th May 1954	2.6 »
	25th May 1954 ~ 1st Nov. 1954	1.8 »
	2nd Nov. 1954 ~	2.7 »



- (1) tiltmeter A
- (2) tiltmeter B
- (3) galvanometer of electric water gauge
- (4) thermometer
- (5) electric lamp for tiltmeter A
- (6) electric lamp for water gauge
- (7) electric lamp for time mark
- (8) electric lamp for tiltmeter B
- (9) recording equipment
- (10) transformer for light source
- (11) battery
- (12) chronometer for time mark
- (13) Wheatstone's bridge-

Fig. 4 — Scale 1/20.

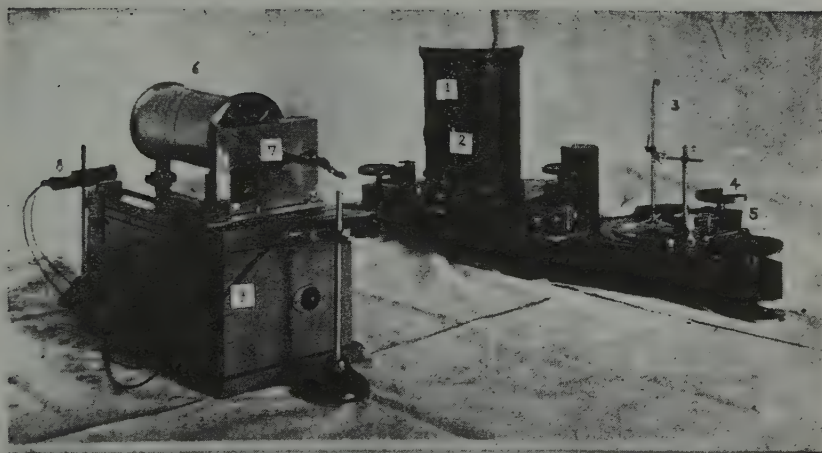


Fig. 5

- | | |
|---------------------------------------|------------------------------------|
| (1) metallic cover | (6) recording drum |
| (2) lens | (7) electric motor |
| (3) horizontal pendulum | (8) electric lamp for light source |
| (4) adjusting screw of sensitivity | (9) obscura (camera) |
| (5) adjusting screw for zero position | |

A part of recorded paper is shown in Fig. 6. And in this figure dotted line (...) shows temperature, broken line (— . — . —) shows water level and for (—) shows tilting angle. On account of meeting with no great floods during this observation no satisfactory results were obtained.

However, at small floods at Jun. 1954 and Sept. 1954 useful results were got. In these results, I found that flood gave accession to more tilting of the ground.

Waterlevel rose to about 1.5 m at 18th Sept. 1954 and this increasing of flowing

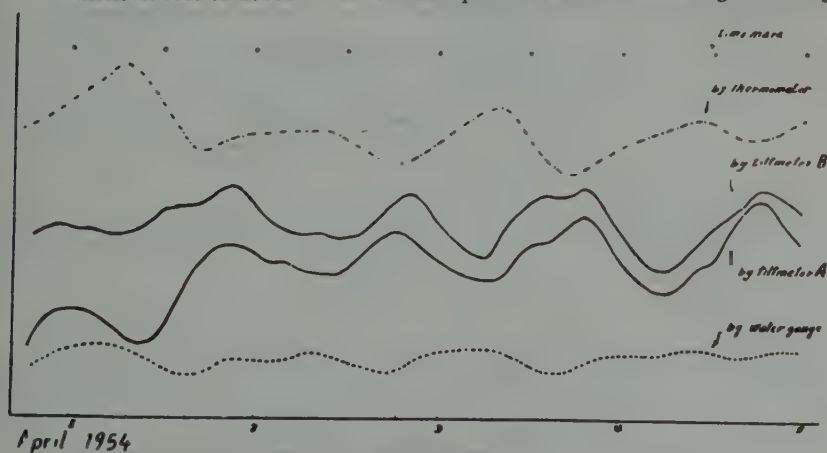


Fig. 6

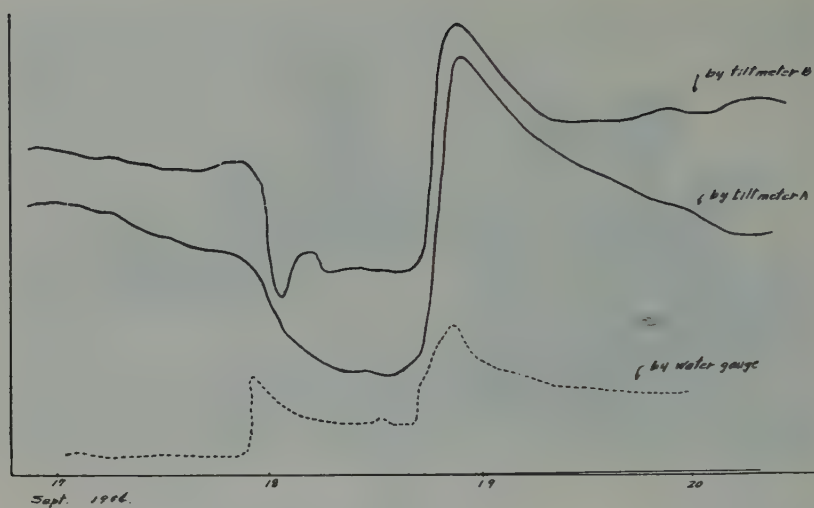


Fig. 7

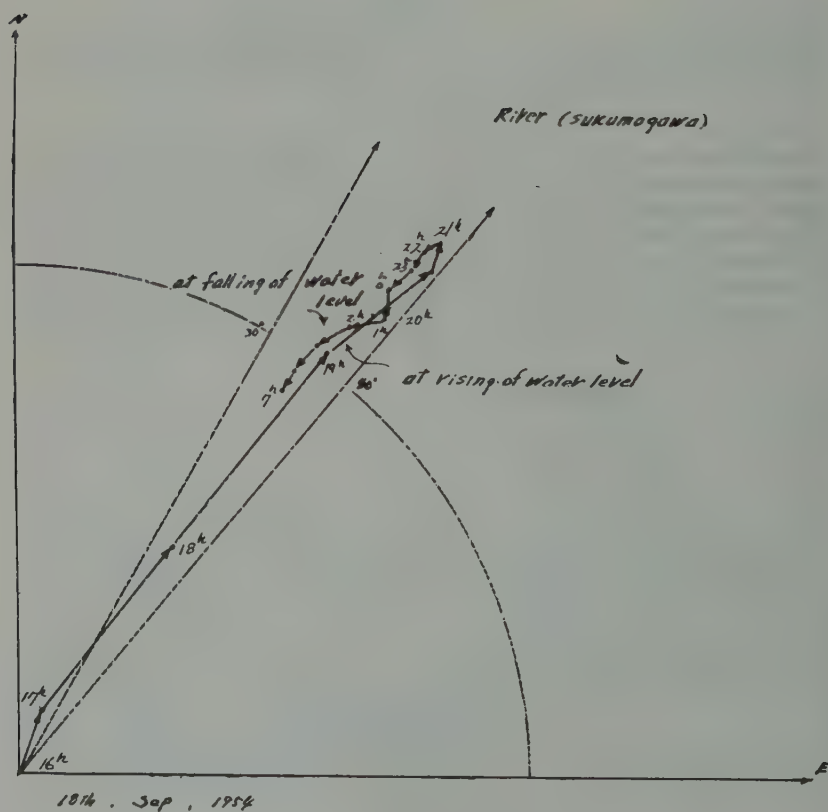


Fig. 8

water influenced on tilting of the ground. Fig. 7 shows values of variation of tilting from 18th to 20th Sept. Further, the direction and angles of tilting are shown by vector in Fig. 8.

According to Fig. 7 and 8 tilting angle of the ground toward river was begun to rise following with rising of waterlevel, and reached 50'' at maximum, and then was begun to bring back gradually following with falling of waterlevel, but it did not reach to the starting point to rise.

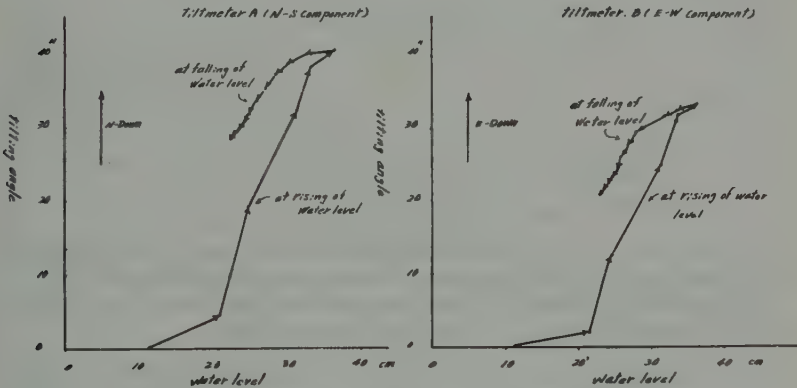


Fig. 9

Tilting angles of N—S component and E—W component in tiltmeters are shown by Fig. 9. In this figure, both component was tilted by increasing of flowing water volume. However the backing way of tilting by decreasing of flowing water volume is different from the going way by increasing of it, and the backing velocity is different from the going one, and the starting point coincided with the terminal point.

That is, remained angle of tilting between starting point and terminal one was found out.

According to this result, we can guess that this remained angle must be caused by sediment load in river bed and by decreasing of ground rigidity near the river bed which was caused by permeated water.

The latter is able to be guessed to be not so much in comparison with the former. Because the rigidity of the river bed is not able to be measured actually, it will be estimated by Bousinesq's equation.

Calculated it by this equation, it becomes following.

$$\mu = 4.7 \times 10^8 \text{ (C.G.S.)}$$

As the remained angle was about 17'', mass of sediment load P becomes following if the angle was caused by sediment load only.

$$P = \frac{4\pi\mu\theta}{3} \gamma^s = 1.53 \times 10''$$

Assuming that the density of sediment load was 2 gr/cm³ and the load was sedimented uniformly on the river bed, the thickness of sediment load becomes following

$$h = \frac{1.5 \times 10''}{2 \times 15 \times 10^3 \times 50 \times 10^3 \times 980} = \frac{1.53 \times 10}{1.45} = 10.6 \text{ (cm)}$$

Namely, 1.5 m of rising of waterlevel caused about 11 cm of sediment thickness. This fact coincides with results by actual mensuration on the spot.

Result in Tone river system

After the observation in Sukumo-gawa finished, instruments were transferred in Kokidaira in Tone-river system. Cross-section of the experimental plot is shown Fig. 10.



Fig. 10

The observation was begun from 20th Jan. 1956. The preparation needed until 6th April and then practical observation was performed until 7th Nov. 1952.

The sensitivity of tiltmeter during observed term was known that it is most suitable at about 1.692 cm/sec on account of following table.

observation term	sensitivity cm/sec	period of free- vibration (sec)
12 a.m. 6th Apr. ~ 7:45 a.m. 26th Apr.	0,423	10
9:30 a.m. 26th Apr. ~ 3 p.m. 18th May	0,423	10
4 p.m. 18th May ~ 11 a.m. 8th June	0,423	10
11:35 a.m. 8th June ~ 9:30 a.m. 18th Aug.	0,423	10
1:15 p.m. 18th Aug. ~ 9:25 a.m. 7th Sep.	0,714	13
11:20 a.m. 7th Sep. ~ 1:15 p.m. 1st Oct.	0,952	15
2:35 p.m. 1st Oct. ~ 10:30 a.m. 9th Oct.	0,952	15
4:10 p.m. 9th Oct. ~ 9:40 a.m. 7th Nov.	1.082 τ 1.692	16 τ 20

Fluctuation of tilting angle, contained values during preparation, is shown by Fig.11. As shown this figure, two components of tilting in direction, NS — EW and NE — SW

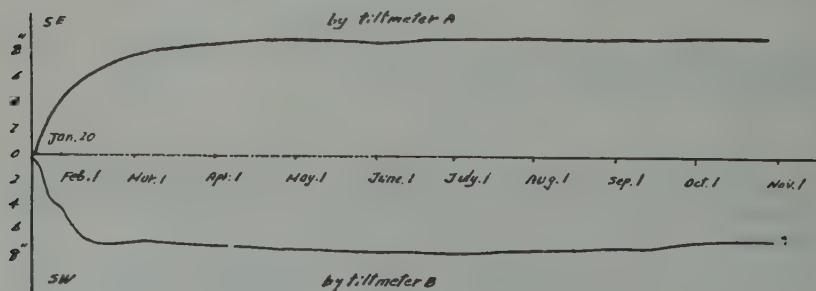


Fig. 11

were measured. Showing this by vector, it is as Fig. 12. According to this figure, the ground continued tilting toward one direction during first 3 months. This result seems to be caused that the ground was unstable in consequence of digging a drift for observation room.

After November the ground began tilting to the contrary direction.

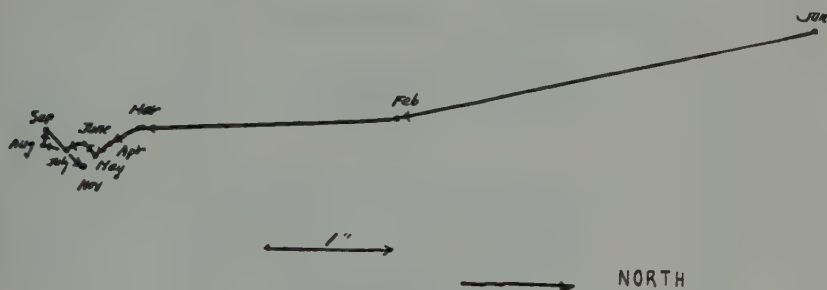


Fig. 12

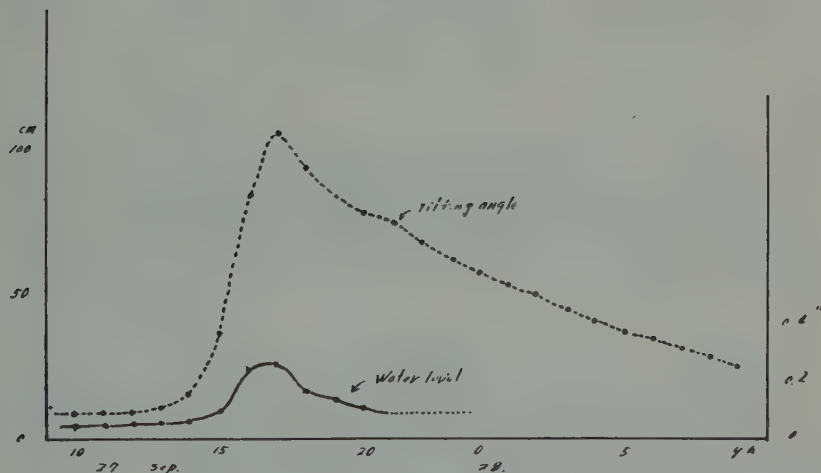


Fig. 13

This result seems to begin the annual alternation. And this annual alternation seems to have NE — SW direction near the observation room. In the observed term, a flood was generated by typhoon No 15 at 27th Sept. Waterlevel began to rise from 10 o'clock a.m. 27th and reached to the peak between 4 and 5 o'clock p.m. Measurement could not succeed from 8 p.m. to next morning on account of stoppage of electric current, and moreover the measurement of the one component of tiltmeter could not be performed during this flood on account of damage of a source of light. Tilting angle per hour of another component and water level are shown by Fig. 13.

According to this figure, curve lines of tilting angle and water level are generally resemble in figure. Sown this by vector, it is more clear as Fig. 14. In this figure, the presumptive relation between tilting angle and water load is shown by a broken line (— — —).

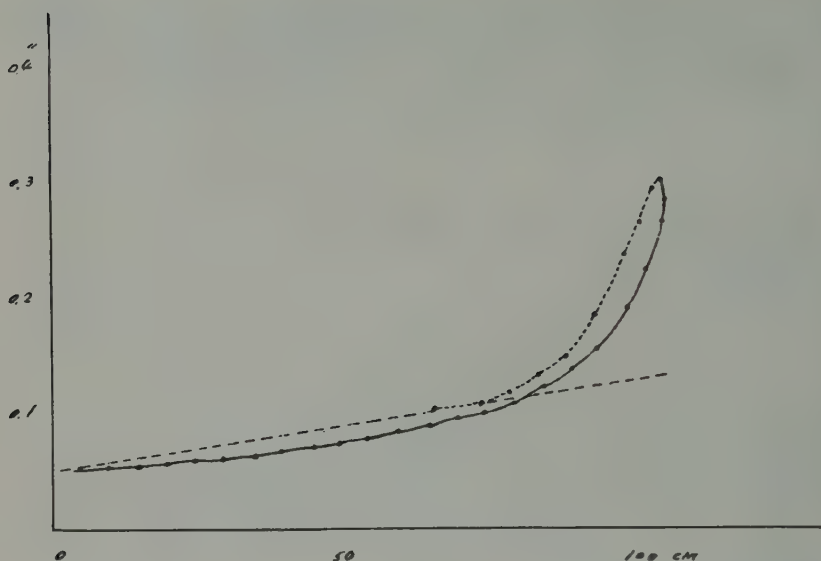


Fig. 14

According to this figure, we can know that variation of tilting angle is not only influenced by flowing water load, but also something except water load.

Through this measurement could not be gained a good succeed by damage instruments, we could presume to be able to measure sediment loas if full measurement could be finished.

5. CONCLUSION

The author stated progress of the observation and analysis for some results as an interim report. And we could gain a great probability to be able to measure sediment load by this method. As this measurement is being continued at Tone river system, I believe firmly to find out a fixed result in a short time.

PUBLICATIONS DE L'A. I. H. S.

encore disponibles

I. COMPTES-RENDUS ET RAPPORTS

Publ. n° 3 — 1926 — Notes et communications	50	F Belges
Publ. n° 6 — Rapports sur l'état de l'hydrologie	25	»
Publ. n° 7 — Id.	25	»
Publ. n° 8 — Id.	25	»
Publ. n° 9 — 1927 — Note et communications	50	»
Publ. n° 13 — 1930 — Réunion du Comité Exécutif	25	»
Publ. n° 14 — 1930 — Commission des Glaciers	25	»
Publ. n° 15 — 1930 — Rapports italiens : Stockholm	50	»
Publ. n° 17 — 1931 — Communications à Stockholm	50	»
Publ. n° 18 — 1930 — Réunion de Stockholm	25	»
Publ. n° 19 — 1931 — Etudes diverses	75	»
Publ. n° 21 — 1934 — Réunion de Lisbonne	50	»
Publ. n° 23 — 1937 — Réunion d'Edimbourg (Neiges et Glaces)	300	»

Assemblée d'Oslo 1948

Publ. n° 28 — Résumé des rapports	25	»
Publ. n° 29 — Tome I — Potamologie et Limnologie	200	»
Publ. n° 30 — Tome II — Neiges et Glaces	200	»
Publ. n° 31 — Tome III — Eaux Souterraines	200	»
Les 4 tomes ensemble	550	»

Assemblée de Bruxelles 1951

Publ. n° 32 — Tome I — Neiges et Glaces	300	»
Publ. n° 33 — Tome II — Eaux Souterraines et Erosion	250	»
Publ. n° 34 — Tome III — Eaux de Surface	350	»
Publ. n° 35 — Tome IV — Symposia sur Zones Arides et crues	125	»
Les 4 tomes ensemble	900	»

Assemblée de Rome 1954

Publ. n° 36 — Tome I — Erosion du Sol, Précipitations, etc.	300	»
Publ. n° 37 — Tome II — Eaux Souterraines	450	»
Publ. n° 38 — Tome III — Eaux de surface	425	»
Publ. n° 39 — Tome IV — Neiges et Glaces	375	»
Les 4 tomes ensemble	1350	»

Symposia Darcy — Dijon 1956

Publ. n° 40 — Evaporation	100	»
Publ. n° 41 — Eaux souterraines	250	»
Publ. n° 42 — Crues	300	»
Les 3 tomes ensemble	550	»

Assemblée de Toronto 1957

Publ. n° 43 — Erosion du sol — Précipitation	300	»
Publ. n° 44 — Eaux souterraines — Infl. Végétation — Rosée	300	»
Publ. n° 45 — Eaux de surface — Evaporation	300	»
Publ. v° 46 — Neiges et Glaces	300	»
Les 4 tomes ensemble	1100	»

II. BIBLIOGRAPHIE HYDROLOGIQUE

1934 (Egypte, France, Indes, Italie, Lettonie, Maroc, Pays Baltes, Roumanie, Suède, Suisse, Tchécoslovaquie, Tunisie, Pologne — en 1 vol. 100 F Belges

<i>Argentine</i>	<i>Pays-Bas</i>	<i>Japon</i>
début à 1954 — 25 FB.	1934 — 20 FB.	1935 — 20 FB.
	1935-1936 — 35 FB.	1936 — 10 FB.
	1937 — 20 FB.	
	1938-1947 — 30 FB.	
<i>Allemagne</i>	<i>Portugal</i>	<i>Maroc</i>
1936 — 25 FB.		1935-1936 — 10 FB.
1937 — 20 FB.		
1945-1949 — 30 FB.	1924-1954 — 40 FB.	
1950 — 30 FB.	<i>Afrique du Sud</i>	<i>Pologne</i>
1951 — 35 FB.	1940-1950 — 25 FB.	1935 — 20 FB.
1952 — 35 FB.		1936 — 25 FB.
1953 — 35 FB.	<i>Autriche</i>	1937 — 20 FB.
1954 — 35 FB.	1934 — 10 FB.	1938 — 20 FB.
1955 va paraître	1935 — 10 FB.	1945-1948 — 35 FB.
	1936 — 10 FB.	1949 — 30 FB.
	1945-1955 va paraître	1950 — 30 FB.
		1951 — 30 FB.
		1952 va paraître
<i>Egypte</i>	<i>Bulgarie</i>	<i>Australie</i>
début à 1954 — 10 FB.	1935 — 10 FB.	1937 — 10 FB.
	1936 — 10 FB.	
	1937 — 10 FB.	
<i>Etats-Unis (+ Canada)</i>	<i>Espagne</i>	<i>Belgique</i>
1936 — 30 FB.	1940-1950 — 25 FB.	1935 — 10 FB.
1937 — 30 FB.	1951-1952 — 10 FB.	1936 — 10 FB.
1938 — 30 FB.		1937 — 20 FB.
1939 — 30 FB.		1938-1947 — 40 FB.
1940 — 30 FB.		1948-1952 — 30 FB.
1941-1950 — 100 FB.		1952-1957 va paraître
1951-1954 — 60 FB.		
<i>Italie</i>	<i>France</i>	
1935-1936 — 20 FB.	1935-1936 — 25 FB.	
1937-1953 — 30 FB.	1937 — 15 FB.	
	1938 — 15 FB.	
	1946-1951 — 20 FB.	
	1952 — 20 FB.	
	1953- ? va paraître	
<i>Lithuanie</i>		
1935-1938 — 40 FB.		

<i>Danemark</i>	<i>Norvège</i>	<i>Tchécoslovaquie</i>
1937-1947 — 20 FB.	1940-1950 — 20 FB.	1935 — 25 FB.
		1936 — 25 FB.
<i>Esthonie</i>	<i>Suède</i>	1937 — 25 FB.
1936-1938 — 25 FB.	1935-1936 — 10 FB.	1938 — 40 FB.
	1937 — 10 FB.	1939 — 35 FB.
<i>Grande-Bretagne</i>	1939-1947 — 20 FB.	1940 — 35 FB.
1936-1937 — 20 FB.	1948-1952 — 15 FB.	1941 — 30 FB.
		1942 — 35 FB.
	<i>Suisse</i>	1945-1955 va paraître
<i>Indes</i>	1939-1947 — 30 FB.	<i>Yougoslavie</i>
1936-1952 — 60 FB.	1948-1952 — 30 FB.	du début à 1954-20 FB.
	1952-1954 — 30 FB.	
<i>Irlande</i>		<i>Hongrie</i>
1934-1949 — 10 FB.		1945-1954 — 50 FB.
<i>Lettonie</i>		<i>Israël</i>
1934-1938 — 30 FB.		début 1945 — 20 FB.

III. BULLETIN DE L'ASSOCIATION D'HYDROLOGIE

Ce bulletin paraît quatre fois l'an depuis 1952. Il comprend une partie réservée à l'information et une partie scientifique.

Prix de l'abonnement : 150 FB.

IV. PUBLICATIONS DIVERSES

- | | |
|--|-------------|
| 1. Quelques études présentées à Washington 1939 | 50 F Belges |
| 2. Etudes présentées à la Conférence de la Table Ronde sur la possibilité d'utilisation des laboratoires d'hydraulique pour les recherches hydrologiques | 75 » |
| 3. Crues de 1954 — 1 publ. autrichienne | 75 » |
| 1 publ. allemande | |

OUVRAGES REÇUS

PLAGES et COTES DE SABLE, par J. LARRAS, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Professeur d'hydraulique maritime et de travaux maritimes à l'E.N.S.E.H., Toulouse, Ingénieur-Conseil du Laboratoire National d'hydraulique, *Collection du Laboratoire National d'Hydraulique*. — Un volume 16×24, 120 p., 34 fig. 1 400 Fr. (Taxe locale en sus). Port et taxes inclus 1 520 Fr.

Il apparaît aujourd'hui que les mouvements de sable le long des côtes ne peuvent guère être considérés comme dus à des alluvions constamment renouvelées ou détruites; il s'agit au contraire d'allées et venues, d'un point à l'autre dans des aires données, d'un stock presque invariable de sables d'origine fort ancienne. Cet ouvrage, concis et d'une lecture aisée, fait ainsi le tout de ce que nous savons actuellement sur le transport des sables sous l'action des mouvements de la mer (houle et courants).

Après avoir traité de l'origine et de la nature des sables, l'auteur indique ce qu'il faut attendre des bilans volumétriques, en attirant l'attention sur les difficultés d'interprétation de ces bilans. Il rappelle ensuite les diverses notions indispensables à l'étude du transport littoral des sables; propriétés physiques de la houle, propriétés physiques des sables. Puis il étudie les diverses façons dont le sable peut être transporté par la mer (profil en travers des plages, transport longitudinal et perpendiculaire au rivage sous l'action de la houle, transport par la marée).

Les conséquences de ce transport sur les déplacements de la ligne du rivage sont alors passées en revue, d'abord d'un point de vue général, puis à propos des flèches littorales et des tombolos. L'action de la salinité à l'embouchure des fleuves et l'action des vents ne sont pas négligées.

Enfin, l'effet des divers types d'ouvrages ou de travaux sur la tenue des sables côtiers est envisagé. Ce chapitre permet de choisir l'ouvrage le plus apte, soit à protéger une côte contre l'érosion, soit à retenir du sable pour constituer une plage, ou pour l'enrichir.

Une importante bibliographie complète le volume.

La présente étude intéresse tous les spécialistes d'hydraulique maritime, les océanographes, ainsi que les entrepreneurs de travaux maritimes et portuaires.

Extrait de la table des matières

Origine et nature du sable de plage. — Bilans et documentation de base. — Propriétés physiques : de la houle, des sables. — Profils en travers des plages. — Transports de sable : par la houle parallèlement au rivage, par la houle perpendiculairement au rivage, par la marée. — Déplacements de la ligne du rivage. — Flèches littorales. — Tombolos. — Action de la salinité et du vent. — Action des ouvrages sur les côtes de sable.

(33585) Etablissements Ceuterick, s. c., 66, rue V. Decoster, Louvain
Resp. L. Pitsi, 25, rue Dagobert, Louvain (Belgique.)

Imprimé en Belgique.

PRINTED IN BELGIUM

